



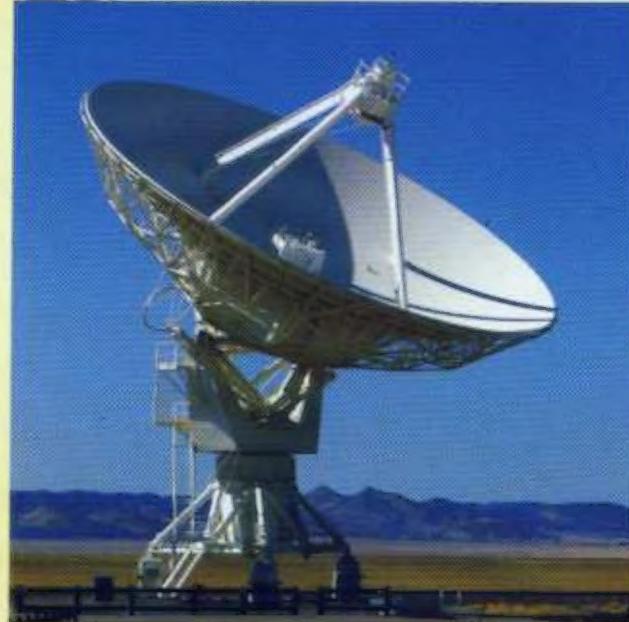
मनोविकास प्रकाशन

आयझॅक न्यूटनने प्रकाशकिरण काचेच्या लोलकातून बाहेर पडताना पाहिला तेव्हा प्रकाशात सर्व रंग एकवटलेले असतात असे त्याने सर्वप्रथम सांगितले. त्यानंतर प्रकाश हा लहरीचा बनलेला असतो आणि त्या लहरीच्या लांबीवरून त्याचा रंग ठरतो असा शास्त्रज्ञांना शोध लागला. लाल आणि जांभळा या वर्णपटाच्या मर्यादा नसून लाल रंगापतीकडे साध्या ढोक्यांना न दिसणाऱ्या आणखी जास्त लांबीच्या प्रकाशलहरी असतात व त्यांची उष्णता आपल्याला भासते, तसेच जांभळ्या रंगाच्या पतीकडे आणखीही कमी लांबीच्या लहरी असतात. या लहरी कशाने उत्पन्न होतात? त्या कशा मोजता येतीत? त्यांचा काय उपयोग होईल? या लहरीचा वापर करून आपण खोल समुद्राच्या तळाशी किंवा ढगांच्या पतीकडे 'पाहू' शकतो, असे शास्त्रज्ञांनी आपल्या प्रयोगशाळेत दाखवून दिले. आपण आता त्यांच्या साहाय्याने स्वयंपाक करू शकतो, संदेश पाठवू शकतो, एवढेच नव्हे, तर या अदृश्य लहरीचा अभ्यास करून विश्वाची उत्पत्ती कशी झाली असावी, हे देखील जाणून घेऊ शकतो.



# शो धां च्या क था मायफ्रोलहरी

आयझॅक आसिमोह



अनुवाद-सुजाता गोडबोले

शोधांच्या कथा

## मायक्रोलहरी

आयझॅक आसिमॉव्ह  
अनुवाद : सुजाता गोडबोले



मनोविकास प्रकाशन

अनुक्रमणिका

Shodhanchya Katha - Microlahari  
शोधांच्या कथा – मायक्रोलहरी

प्रकाशक | अरबिंद घनःस्थाम पाठ्यकार  
मनोविज्ञान प्रकाशन, सदनिका ल. ३/अ, चौधा मजला, शास्ती दॉवर्स,  
६७२, नाशवण पेठ, न. म. यि. समोरील गल्ली, पुणे – ४११०३०.

दूरभ्रानी : ०२०-६५२६२९५०

Website : [www.manovikasprakashan.com](http://www.manovikasprakashan.com)

Email : manovikaspublication@gmail.com

© हक्क सुरक्षित

मुख्यपृष्ठ | गिरीश सहस्रबुद्धे अश्वरकुलगी | गणराज उद्दोग, पुणे.  
मुद्रक | बालाजी एन्टरप्रायजेस, पुणे. प्रकाशनावृत्ती | ११ जून २०१२  
ISBN : 978-83-81636-84-8

मूल्य | रुपये ३५

१ | रंग व लहरी-४

२ | वर्णपटाची लांबी-१२

३ | रेडिओलहरी व  
मायक्रोलहरी-२३

४ | ग्रह व मायक्रोलहरी-३३

५ | विश्व व  
मायक्रोलहरी-४०

## १ | रंग व लहरी

१६६५ साली तेवीस वर्षाचा एक इंग्रज शासक, आयडॉक न्यूटन (१६४२-१७२७) प्रकाशाशी खेळत होता.

भरपूर सूर्यप्रकाश असलेल्या एक दिवशी त्याने आपल्या खोलीतील सर्व पडदे बंद करून खोलीत बन्यापैकी अंधार केला. एका पडद्याला एक छोटेसे भोक पाडल्यावर सूर्यप्रकाशाचा एक अरुंद किरण खोलीत आला.

हा सूर्यकिरण न्यूटनने एका त्रिकोणी काढेच्या तुकड्यातून म्हणजे लोलकातून जाऊ दिला. लोलकातून जात असताना हा किरण काही प्रमाणात वळला म्हणजे त्याचे 'विकिरीकरण' (रिफँक्शन) झाले.

लोलकातून बाहेर येणाऱ्या प्रकाशाची दिशा काहीशी बदलली व ती भिंतीवर दिसून आली. या प्रकाशकिरणाच्या वाटेत जर लोलक नसता, तर भिंतीवर केवळ एक पांढऱ्या प्रकाशाचा गोल ठिपका दिसला असता; पण लोलक प्रकाशकिरणाच्या वाटेत असल्याने प्रकाश विखुरला जाऊन इंद्रधनुष्य दिसू लागले होते. याच्या एका टोकाता होता तांबडा रंग. प्रकाशाच्या या पट्ट्यावरून नजर फिरवती असता, हळूळू, तो नारिंगी, पिवळा, मग हिरवा, निळा आणि सर्वात शेवटी दुसऱ्या टोकाता तो जांभळा दिसत होता.

आपल्या सभोवती आपल्याला सर्वत्र नेहमीच रंग दिसतात, परंतु बहुतेक वेळा ते एखाद्या घन पदार्थाचा भाग असतात. त्यांना स्पर्श करता येतो; पण न्यूटनला भिंतीवर हे जे रंग मिळाले होते त्यांना स्पर्श करता येत नव्हता. ते केवळ प्रकाशातच होते, कोणत्याही घन पदार्थाचा ते भाग नव्हते. या रंगीत प्रकाशातून हात सहज

फिरवता येत असे, जणू काही हा प्रकाश म्हणजे भूतच होते! वास्तवात न्यूटनने या प्रकाशाच्या पट्ट्याला 'स्पेक्ट्रम' असेच नाव दिले, या तीटिन शब्दाचा अर्थ आहे भूत. मराठीत आपण त्याला 'वर्णपट' म्हणतो.

हे रंग आले कुठून? आपल्या डोक्यांना जो शुभ्र रंगाचा प्रकाश दिसतो, तो प्रत्यक्षात या रंगांचे मिश्रण असणार असे न्यूटनचे मत होते. हा शुभ्र प्रकाश जेव्हा लोलकातून जातो, तेव्हा निरनिराळ्या रंगांचे निरनिराळ्या प्रमाणात विकिरीकरण होते. लाल रंग सर्वात कमी प्रमाणात वळतो, म्हणजेच त्याचे सर्वात कमी प्रमाणात विकिरीकरण होते आणि जांभळा रंग सर्वात अधिक वळतो/वाकतो व इतर सर्व रंगांचे वळण्याचे प्रमाण या दोन्हीच्या मध्ये कोठेतरी येते. त्यामुळे हे रंग एका ठिपक्याच्या स्वरूपात न दिसता, वेगळे होतात व एका पट्ट्यात विखुरले जातात.

हे पडताळून पाहण्यासाठी न्यूटनने प्रकाशकिरण प्रथम एका लोलकातून जाऊ दिला व त्यानंतर तो भिंतीपर्यंत पोहोचण्यापूर्वीच त्याच्या वाटेत आणखी एक लोलक ठेवला. मात्र, या वेळी दुसऱ्या लोलकाचा त्रिकोणी भाग पहिल्याच्या नेमक्या विरुद्ध बाजूला ठेवला. पहिल्या लोलकातून जाताना प्रकाशाचे एका प्रकारे विकिरीकरण झाले, पण त्यानंतर दुसऱ्या लोलकातून जाताना ते नेमक्या उलट बाजूने झाले. पहिल्या लोलकातून जाताना प्रकाशकिरण विखुरले व दुसऱ्या लोलकातून जाताना ते परत एकत्र आले.

प्रकाशकिरण जेव्हा दोन्ही लोलकांतून गेला तेव्हा भिंतीवर फक्त शुभ्र प्रकाशाचा एक ठिपकाच दिसला. न्यूटनच्या दृष्टीने, रंग एकमेकांत मिसळले की शुभ्र दिसतात, याचाच हा पुरावा होता.

परंतु मुळात प्रकाशात निरनिराळे रंग असण्याचे कारण काय असावे? आणि लोलकातून जाताना ते निरनिराळ्या प्रमाणात का वळत असावेत?



या प्रश्नाचे उत्तर शोधण्याआधी, प्रकाश कशापासून बनला आहे हे समजून घेतले तर जास्त सोपे होईल. परंतु न्यूटनच्या काळी याचे निश्चित उत्तर कोणालाच माहीत नव्हते. तरीही दोन शक्यता विचार करण्यासारख्या होत्या.

प्रकाश अतिशय सूक्ष्म कणांचा बनला असेल व ते सर्व कण एकाच दिशेने, सरळ रेषेत, अतिशय वेगाने प्रवास करत असतील, ही एक शक्यता होती. कदाचित प्रकाश अत्यंत सूक्ष्म लहरीचा बनला असेल व त्या सर्व एकाच दिशेने, सरळ रेषेत व अतिशय वेगाने प्रवास करत असतील, ही दुसरी शक्यता होती.

बंदुकीच्या गोळ्या काही अंतर सरळ रेषेत कसे पार करतात हे शास्त्रज्ञांना माहीत होते, त्याचप्रमाणे लहरीच्या स्वरूपातील धनी हवेतून प्रवास करतो हेही त्यांच्या परिचयाचे होते. एखाद्या शांत तब्यात खडा टाकला असता पृथग्भागावर तरंग कसे पसरतात हेदेखील त्यांनी पाहिले होते.

पण लाटासंबंधीची एक बाब विशेष लक्षात येण्यासारखी होती ती म्हणजे, वाटेत अडथळा आल्यास लाटा त्याच्या बाजूने वळतात. पाण्यातील तरंगांत हे सहज दिसते. तसेच एखाद्या वळणापलीक्हूनदेखील आवाज ऐकू येतो, म्हणजे ध्वनिलहरी एखाद्या कोपन्यावरून वळण घेत असाव्यात.

याउलट, बंदुकीच्या गोळ्या अशा प्रकारे वळत नाहीत व प्रकाशही असे वळण घेत नाही. वळणापलीकडे कोणी असल्यास ते आपल्याला दिसत नाही. वाटेत अडथळा आल्यास प्रकाश त्याच्या बाजूने निघून जातो, पण तो सरळ रेषेत.

याच कारणाने प्रकाश लहरीचा बनलेला नसून तो सूक्ष्म अशा प्रवाही कणांचा बनला असावा, असे न्यूटनचे मत झाले.

हे सर्वांच मान्य झाले असे नाही. प्रकाशाच्या लहरी असाव्यात असे खिस्तियान हायरेंझ (१६२९-१६६५) या डच शास्त्रज्ञाचे मत



शिस्तियान हायोद्धा

होते. मोठ्या लहरी जशा अडथळ्यांभोवती वळतात तशा सूक्ष्म लहरी सहजपणे वळत नाहीत, असे त्याचे म्हणणे होते. प्रकाश जर अत्यंत सूक्ष्म लहरीचा बनला असेल, तर तो अडथळ्यांभोवती सहजपणे वळणार नाही.

बहुतेक शास्त्रज्ञांनी मात्र न्यूटनचे म्हणणेच उचलून धरले, कारण त्या वेळपर्यंत तो खूप मोठा शास्त्रज्ञ आहे हे लोकांच्या लक्षात आले होते. खरे पाहता, आतापर्यंतच्या शास्त्रज्ञांपैकी तो सर्वांत महान शास्त्रज्ञ होता, असे आजही मानले जाते.

तरीही महान शास्त्रज्ञदेखील कधीतरी काही चुका करू शकतातच की!

धॉमस यंग (१७७३-१८२९) या इंग्रज शास्त्रज्ञाने अखेर याचा छडा लावला, त्याता अनेक विषयांची खूपच माहिती होती.

सर्वप्रथम ते एक डॉक्टर होते, शिवाय 'एन्सायफलोपिडिया ब्रिटानिका'साठी त्यांनी अनेक विषयांवर लेख लिहिले होते. प्राचीन इजिस्प्रमधील लिखाणाचा अर्थ लावण्याचा प्रयत्न करणारे ते पहिलेच गृहस्थ होते. एवढे सर्व असूनही, प्रकाशासंबंधी त्यांनी केलेल्या निरनिराळ्या प्रयोगांबद्दलच ते सर्वाधिक प्रसिद्ध आहेत.

यंग यांनी ध्वनीचा अभ्यास केला होता. जेव्हा दोन ध्वनीची टक्कर होते, म्हणजेच त्यांचे मार्ग एकमेकांचा छेद घेतात, तेव्हा कधीकधी एका ध्वनीमुळे दुसरा नाहीसाच होतो. एका ध्वनिलहरीतील हवा तहर आत आणत असतानाच दुसऱ्या लहरीतील हवा कधीकधी त्याच क्षणी बाहेर जात असते. अशा परिस्थितीत हवा कोणत्याच दिशेने प्रवास करू शकत नाही व कोणताच ध्वनी ऐकू येत नाही. ध्वनिलहरी जर वेगवेगळ्या लांबीच्या असतील, तर अधिक लांबीची लहर कमी लांबीच्या लहरीच्या पुढे जाते व काही काळासाठी तरी दोन्ही लहरीमधील हवेची हालचाल होत राहते. अशा वेळी तो ध्वनी एरवी असतो त्यापेक्षा अधिक मोठा असतो, मग त्या दोन्ही लहरीचा कालखंड बदलता की परत शांतता निर्माण होते व असे होतच राहते.

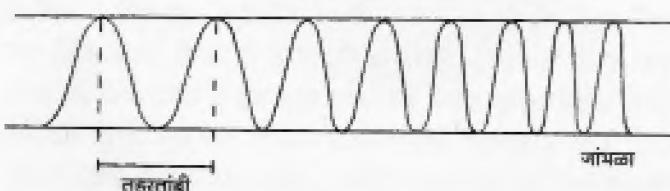
परिणामी, जेव्हा दोन ध्वनिलहरी एकमेकीना मिळतात त्या वेळी शांतता, आवाज, शांतता, परत आवाज असे ऐकू येत राहते. यालाच ठोके किंवा 'बीट्स' असे म्हणतात. कानाला ते त्रासदायक वाटते.

प्रकाश जर प्रवाही कणांचा बनला असेल, तर असे होणार नाही. एक कण दुसऱ्याचे अस्तित्व नाहीसे करू शकणार नाही.

१८०१ साली दोन निरनिराळ्या अरुंद फटीतून दोन प्रकाशकिरण एकमेकांपासून अगदी थोड्याच अंतरावरून पाठवण्याचा एक प्रयोग यंगने करून पाहिला. प्रकाशकिरण फटीतून आत्यावर ते किंवित विखुरते व पिंतीपर्यंत पोचेपर्यंत दोन्ही किरण एकमेकांत मिसळते गेले.

जेथे दोन किरण मिसळले गेले तेथे, ज्या ठिकाणी भिंतीवर एकच किरण पोहोचता होता त्यापेक्षा अधिक प्रकाश दिसेल अशी अपेक्षा होती. पण तसे अंजिबात झाले नाही. ज्या ठिकाणी किरण एकमेकांत मिसळले गेले तेथे अंधार व प्रकाशाचे पट्टे आलटून-पालटून आले होते. प्रकाशकिरणांनी काही ठिकाणी एकमेकांना नाहीसे केले होते, तर काही ठिकाणी एकमेकांत भर घातली होती. संगीताच्या ठेक्यात होते नेमके तसेच हेदेखील आलटून-पालटून झाले होते.

जेव्हा दोन प्रकाशकिरण एकमेकांना नाहीसे करतात तेव्हा आपण म्हणतो, की ते एकमेकांत ढवळाढवळ करतात किंवा



गडबड निर्माण होते (इंटरफेरॅन्स होतो). म्हणूनच या प्रकाश व अंधाराच्या पट्ट्यांनादेखील 'इंटरफेरॅन्स फ्रिजेस' म्हणतात.

यामुळे एक निश्चित झाले. प्रकाश सूक्ष्म लहरीचा बनलेला असतो हे हायगेझाचे म्हणणे खरे ठरले व न्यूटनचे मत चुकीचे ठरले. विशेष म्हणजे, 'इंटरफेरॅन्स फ्रिज'च्या रुदीवरून या लहरीची लांबी किती असेल याचा हिशेबही यंग करू शकला. यालाच लहरलांबी (वेवलेंथ) म्हणतात. प्रकाशलहरीची लांबी सुमारे १/५०,००० इंचाच्या आसपास असते. याचाच अर्थ, एक इंच लांबीचा प्रकाशकिरण घेतला तर त्यात सुमारे ५०,००० लहरी एकामागे एक अशा असतील.

सर्वच प्रकाशलहरीची लांबी एकसारखी नसते. लाल रंगाच्या प्रकाशाच्या लहरीची लांबी सर्वाधिक असते, तर जांभळ्या रंगाच्या प्रकाशाची लहरलांबी असते सर्वात कमी. लहरलांबी जितकी कमी तितके त्या प्रकाशाचे विकिरीकरण अधिक होते. म्हणूनच लोतकातून प्रकाशाचे निरनिराळे पट्टे म्हणजेच वर्णपट दिसतो.

वर्णपटाच्या एका टोकाला असणाऱ्या लाल रंगाच्या प्रकाशाची लहरलांबी सुमारे १/३२,००० इंच असते. दुसऱ्या टोकाला असणाऱ्या जांभळ्या रंगाच्या प्रकाशलहरीची लांबी १/६४,००० इंच असते. इतर सर्व रंग यामधील भागात येतात आणि तांबडा, नारिंगी, पिवळा, हिरवा, निळा, पारवा व जांभळा या त्यांच्या क्रमाग्रमाणेच त्यांची लहरलांबीही बदलते.

## २ | वर्णपटाची लांबी

आपल्याला प्रकाश व रंग का दिसतात?

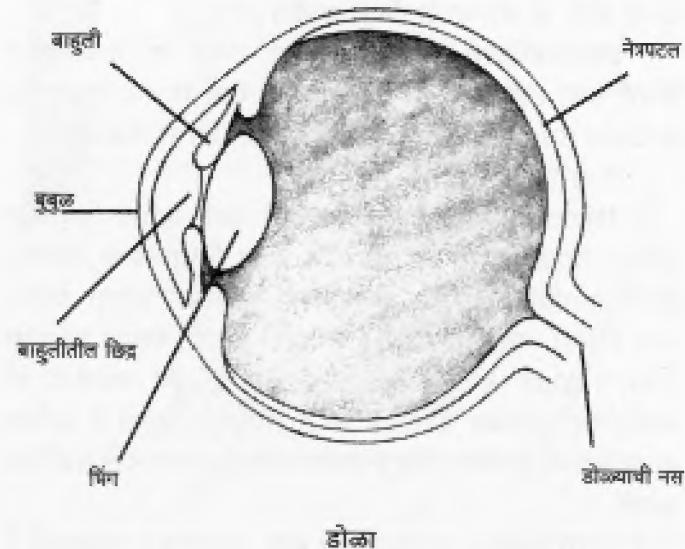
आपल्या डोळ्यांतील दृष्टिपटल (रेटिना) म्हणजे डोळ्यांच्या अंतर्भागात मागील बाजूला असलेला एक पेशीचा पडदा आहे. या पटलात निरनिराळी रसायने असून ती निरनिराळ्या लहरलांबीचे प्रकाशाचे पहुंचोषून घेतात. जेव्हा सर्व लांबीच्या प्रकाशालहरी या पटलापर्यंत पोचतात, तेव्हा सर्व रसायने कार्यरत असतात आणि आपल्याला नेहमीचा शुभ्र प्रकाश दिसतो. जेव्हा एखाद्या विशिष्ट लांबी असणाऱ्या लहरी मोठ्या प्रमाणात पटलापर्यंत पोचतात व इतर लहरीचे प्रमाण त्यामानाने बरेच कमी असते, तेव्हा काही रसायने इतर रसायनांयेका अधिक कार्यरत होतात व आपल्याला तो विशिष्ट रंग दिसतो.

काही लहरीचा आपल्या दृष्टिपटलातील रसायनांवर काहीच परिणाम होत नाही म्हणून त्या आपल्याला दिसतच नाहीत, असे होऊ शकते का?

बहुधा तसे नसावे, कारण वर्णपटात त्या लहरी कोणत्याही ठिकाणी असल्या, तरी त्या आपल्याला दिसतातच. कोणताही रंग आपल्याला दिसतो.

याबाबत काहीच शंका राहात नाही. शिवाय १८०० सालापूर्वी कोणीच याचा विचारही केला नव्हता हेही खरेच आहे. डोळे जर चांगल्या स्थितीत असतील तर प्रकाश दिसणारच, न दिसणारा प्रकाश कसा असेल?

विल्यम हर्षल (१७३८-१८२२) नावाच्या जर्मन-ब्रिटिश शास्त्रज्ञाच्या प्रयोगांतून काही निराळेच दिसून आले. तो खरा



खगोलशास्त्र महणूनच प्रसिद्ध होता. त्यानेच १७८१ साली युरेनस या ग्रहाचा शोध लावला होता.

अर्थात, चांगल्या शास्त्रज्ञांना अनेक गोष्टीत रस असतो; हर्षललादेखील वर्णपटात बरेच स्वारस्य वाटू लागले.

सूर्योपासून आपल्याला दोन गोष्टी मिळतात. एक म्हणजे प्रकाश- तो आपल्याला दिसतो आणि दुसरी म्हणजे उष्णता- ती आपण अनुभवू शकतो. रात्री केवळ अंधारच होतो असे नाही, तर पंडही होते, हे आपणा सर्वांनाच माहीत आहे.

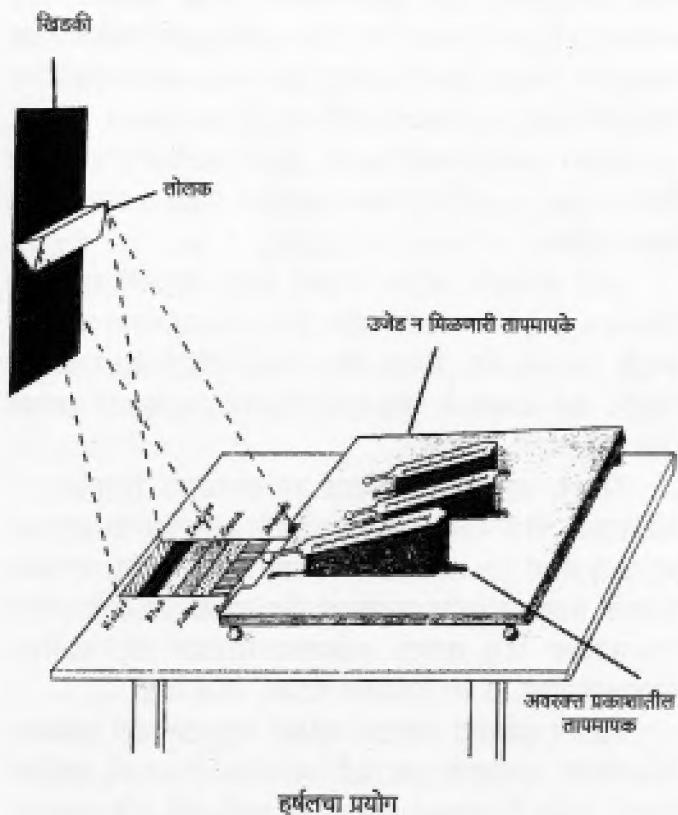
प्रकाशाबरोबरच उष्णताही मिळत असेल का, याचा हर्षल विचार करू लागला. हे शोधण्याचा एक मार्ग म्हणजे तापमापक वर्णपटात ठेवायचा व त्याचे तापमान वाढते का ते पाहायचे.

ते खरोखरच वाढते।

वर्णपटाच्या निरनिराळ्या भागांतून कमी-अधिक प्रमाणात उष्णता मिळत असेल का, याचाही हर्षल विचार करू लागला. त्याने तापमापकाचा गोळा वर्णपटाच्या जांभळ्या भागात ठेवला, नंतर निळ्या, मग हिरव्या वर्गीरे भागातही ठेवला. प्रत्येक भागातच तापमान वाढते असे त्याच्या लक्षात आले; पण जसजसा तो वर्णपटाच्या तांबड्या भागाकडे जाऊ लागला, तसेतसे ते अधिक वाढत असल्याचे त्याला दिसून आले. तांबड्या भागात ते सर्वांधिक वाढते.

हे तसे आशचर्य वाटण्याजोगेच होते. वर्णपटाच्या मध्यभागी ते सर्वांधिक असेल अशी हर्षलची अपेक्षा असावी. मग वर्णपटाच्या तांबड्या पट्टूच्याही पलीकडे जेथे प्रकाश दिसतच नव्हता, तेथे तापमापकाचा गोळा ठेवल्यास काय होते ते पाहावे, असा त्याने विचार केला. त्या ठिकाणी तापमान मुळीच वाढणार नाही अशीच त्याची अपेक्षा होती.

मात्र तसे घडले नाही. लाल प्रकाशात होते त्यापेक्षाही तापमान



अधिकच वाढले. म्हणजे प्रकाश न भिळताही सूर्याकदून उष्णता मिळत होती. म्हणजे सूर्याकदून दोन निरनिराक्षया प्रकारचे - प्रकाश व उष्णता देणारे - किरण येत असणार, असे हर्षलचे मत झाले. याचा अर्थ, दोन प्रकारचे वर्णपट असले पाहिजेत, एक आपल्याला दिसणारा प्रकाशाचा वर्णपट आणि दुसरा तापमापकाला समजणारा उष्णता देणारा वर्णपट. हे दोन्ही वर्णपट एकमेकांत मिसळलेले होते, पण त्यांचा काही भाग वेगळा असावा.

याच्या पुढल्याच वर्षी म्हणजे १८०९ साली योहान विल्येम रिटर (१७७६-१८१०) या जर्मन शास्त्रज्ञाने एक निराकाच प्रयोग करून पाहिला.

चांदी असणाऱ्या पांढऱ्या रंगाच्या काही रसायनांचे प्रकाशात विघटन होते हे त्या काळी माहीत होते. त्या रसायनात चांदी या धातूचे लहानसे कण दिसून येत असत. चांदीचे सूक्ष्म कणांत विघटन केले असता ते कण काढे दिसतात, म्हणून ही रसायने प्रकाशात काळी पडतात.

रिटरने कागदाच्या पट्ट्या या रसायनात भिजवल्या व वर्णपटाच्या निरनिराक्षया भागांत ठेवल्या. वर्णपटाच्या तांबड्या पट्ट्यात याचा रंग अजिबात काळवळला नाही; परंतु जांभळ्या रंगाकडे जाणाऱ्या पुढील पट्ट्यात मात्र त्यांचा रंग अधिकाधिक काळवळलेला दिसू लागला. जांभळ्या पट्ट्यात तर नेहमीच्या सूर्यप्रकाशापेक्षा हा रंग अधिकच चटकन काळवळला.

रिटरला हर्षताच्या प्रयोगाची माहिती असल्याने त्याने रसायनात भिजवलेल्या कागदाची एक पट्टी जांभळ्या रंगाच्याही पलीकडे ठेवली; आणि ती जांभळ्या रंगाच्या पट्ट्यापेक्षाही अधिक चटकन काळवळली. याचा अर्थ, सूर्यप्रकाशात काही रसायनिक किरणही होते का? म्हणजे तीन प्रकारचे किरण व सूर्यचि तीन प्रकारचे वर्णपट असतील का? एक साध्या डोळ्यांना दिसणारा, दुसरा

तापमापकाद्वारे समजून येणारा व तिसरा रासायनिक?

हे सर्व फारच गोंधळात टाकणारे होते. पण त्यानंतर यंगच्या प्रकाशाच्या अडथळ्यांच्या प्रयोगाची माहिती जाहीर झाल्यानंतर प्रकाश लहरीचा बनलेला असतो हे शास्त्रज्ञाना माहीत झाले व सर्वच परिस्थिती बदलली.

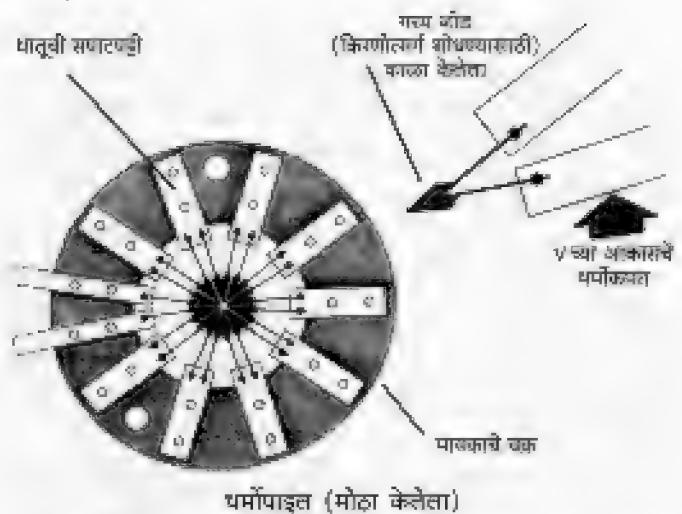
तांबड्या प्रकाशाच्या लहरीपेक्षाही अधिक लांबीच्या लहरी असतात व मानवी दृष्टिपटलातील रसायनांवर या लांब लहरीची काहीच प्रतिक्रिया होत नाही, हे आता स्पष्ट झाले. त्याचप्रमाणे प्रकाशात जांभळ्या रंगाच्या लहरीपेक्षाही अधिक आखूड लहरीही असतात आणि मानवी दृष्टिपटलातील रसायनांवर त्यांचाही काही परिणाम होत नाही.

याचा अर्थ, आपल्याला तांबड्या रंगापासून ते जांभळ्या रंगापर्यंतचा वर्णपटाचा केवळ काही भागच दिसतो. प्रत्यक्षात वर्णपट तांबड्या व जांभळ्या रंगांच्याही पलीकडे पसरलेला असतो, पण तो आपल्याला दिसत नाही.

तांबड्या रंगाच्या पलीकडे पसरलेल्या वर्णपटाला 'अवरक्त किरणोत्सर्ग' (इन्फ्रारेड रेडिएशन) म्हणतात. इन्फ्रा या लैटिन शब्दाचा अर्थ आहे 'खाली'. वर्णपट जांभळ्या रंगापासून सुरु होऊन लाल रंगापर्यंत खाली पसरला आहे अशी कल्पना केल्यास अवरक्त किरण लाल रंगाच्या खाली येतील.

वर्णपटातील जांभळ्या रंगापलीकडे असणाऱ्या किरणांना 'अतिनील किरणोत्सर्ग' (अल्ट्राव्हायोलेट रेडिएशन) म्हणतात. 'अल्ट्रा' या लैटिन शब्दाचा अर्थ आहे 'पलीकडे'. अतिनील किरण खरोखरच वर्णपटात जांभळ्या रंगाच्या पलीकडे येतात.

अभ्यास करण्यासाठीदेखील अवरक्त किरण जर दिसतच नसलील, तर ते नेहमीच्या प्रकाशासारखेच असतात; पण केवळ त्यांच्या लहरीची लांबीच अधिक असते, हे तरी कसे समजणार?



सुदैवाने १८३० साली तापमान मोजण्याचा एक अतिशय संवेदनशील मार्ग शोधून काढण्यात आला होता. त्याता म्हणतात 'थर्मोपाइल'. यात दोन निरनिराळ्या धार्तूच्या पट्ट्यांचा एकामागून एक या पद्धतीने वापरण्यात येतात, याचे एक टोक गरम केले असता त्यातून विद्युतप्रवाह निर्माण होतो. अत्यंत सूक्ष्म विद्युतप्रवाहादेखील यात सहजपणे मोजता येतो, म्हणून अगदी लहान प्रमाणातील उष्णताही यात मोजता येते.

मॉसेडोनियो मेलोनी (१७९८-१८५४) या इटालियन शासकाने थर्मोपाइलमध्ये आणखीही कगडी सुधारणा केल्या, त्यामुळे साध्या डोळ्याला प्रकाश जितका सहजपणे समजून येतो, त्याच पद्धतीने अवरक्त किरणोत्सर्गाही यातून समजून येई. अवरक्त लहरी साध्या प्रकाशाप्रमाणे काचेतून किंवा लोलकातून सहज आरपार जात नाहीत, म्हणून मेलोनीने खनिज मिठापासून काचा व लोलकही तयार केले. अवरक्त किरण खनिज मिठातून सहज आरपार जातात.

अवरक्त प्रकाशातहरीही नेहमीच्या साध्या प्रकाशाप्रमाणेच असतात, असे त्याने १८५० साली निःसंशयरीत्या दाखवून दिले. अवरक्त किरणाही प्रवार्तित (रिफ्लेक्ट) होतात व त्याचे विकिर्णीकरण (रिफ्लेक्शन) देखील होते. अवरक्त किरणाचे दोन पट्टे घेतल्यास त्यांच्यातील 'अङ्गठब्यांची झातर' (इंटरफेरेन्स फिल्टर) देखील त्याने दाखवून दिली. यात मग काहीच बांका उरली नाही.

खरोखर वर्णपट कुठपर्यंत पसरलेता होता? अवरक्त आणि अतिनीत किरणांच्या पलीकडेही आणखी काही होते का?

जेम्स व्हलार्क मॅक्सवेल (१८३१-१८७९) या इंग्रज शास्त्रज्ञाच्या संशोधनकार्यातून याचे उत्तर गिळाले. वास्तविक त्याला विद्युत व चुंबकशास्त्र यात खरे स्वारस्य होते व त्यातूनच तो प्रकाशाच्या अभ्यासाकडे वळला.

प्राचीन ग्रीक लोकांनादेखील विद्युत व चुंबकाविषयीचे जुजबी ज्ञान होते, तधापि, विद्युतप्रवाह तारेतून कसा पाठवता येतो याचे ज्ञान शास्त्रज्ञांना एकोणिसाच्या शातकातब झाले. (अधिक माहितीसाठी आसिमॉन्क यांच्या 'शोधांच्या कथा' याच मालिकेतील 'विद्युत' या विषयावरील पुस्तक पहा.)

१८२० साली असा शोध लावण्यात आला होता, की विद्युतप्रवाह तारेतून गेल्यास त्या तारेत चुंबकाचे गुणधर्म येतात. त्याचप्रमाणे तारेच्या एखाद्या भेंडोब्यातून चुंबक फिरवल्यास तारेतून विद्युतप्रवाह निर्माण होतो.

विद्युत व चुंबकत्व या दोन निराळ्या गोष्टी आहेत असेच मानते जात असे; परंतु या दोन्हीत काहीतरी जबळ्याचे नाते असावे असे दिसू लागले होते.

मॅक्सवेलाला यात स्वारस्य बाढू लागले. हे नाते नेमके कसे आहे याचा त्याला अभ्यास करायचा होता.

सुमारे ९ वर्षे त्याने याचा बारकाइनि अभ्यास केला व १८७३

च्या सुमारास त्याने चार लाई गणिताचे नियम मांडले, या चार नियमांनी विद्युत व चुंबकत्व यांच्या एकमेकांवरील परिणामांचे ठर्णन करता येते त्यांना 'मॅक्सवेलचे समीकरण' (मॅक्सवेल्स इक्वेशन) असेच नाव आहे.

मॅक्सवेलची समीकरणे जर ब्रोबर असतील, तर विद्युत आहे तेथे चुंबकत्व असणारच; आणि चुंबकत्व असेल तर विद्युती असणारच. प्रत्यक्षात, या दोन्ही मिळून एकच बाब बनते व ती आहे 'विद्युतचुंबकत्व' (इलेक्ट्रोमॅग्नेटिक्स).

विद्युत तयार झाल्याकृत्याच चुंबकत्व येते व त्यातून परत विद्युत तयार होते, असे मॅक्सवेलने दाखवून दिले. त्यामुळे विद्युतचुंबकत्वाचे क्षेत्र सर्व बाजूंना बाहेर पसरते. या बाहेर पसरण्याच्या गुणधर्माता 'विद्युतचुंबकीय किरणोत्सर्ग' पहणतात.

या समीकरणावरून हा किरणोत्सर्ग कोणत्या वेगाने पसरेल हेदेखील मॅक्सवेलने शोधून काढले. हा वेग प्रचंड होता- दर सेंकदारा सुमारे ₹.८६,३०० (एक लक्ष शाहरेंगी हजार तीनशे) मैल. प्रकाशाचा वेगाही नेमका तोच आहे. म्हणून प्रकाश म्हणजे विद्युतचुंबकीय किरणोत्सर्ग असणार, असे मॅक्सवेलने ठरवले.

पण मग प्रकाशात निरनिराक्ष्या तांबीच्या लहरी का असतात?

विद्युतभार असणारे काहीतरी सतत पुढे-मागे या तन्हेने हलत असते म्हणून विद्युतचुंबकीय लहरी उत्पन्न होतात. दरवेळी ते पुढे-मागे झाले की त्यातून एक लहर निर्माण होते. समजा, हा भार एका सेंकदात साठ अज्ज वेळा पुढे-मागे झाला अशी कल्पना करा. म्हणजेच या किरणोत्सर्गाने (एका सेंकदात) ₹.८६,३०० मैल प्रवास केला असा याचा अर्ध होतो. प्रकाशाच्या तांबीत ६० अज्ज सूक्ष्म लहरी असतात. प्रत्येक लहर सुमारे ₹.५०,००० इंय तांबीची असतो. दृश्य प्रकाशाची ही लहरलांबी (वैक्षणेय) झाली.

मॅक्सवेलच्या काळात अणूच्या गाभ्यात काही असते हे माहीत



जेम्स क्लार्क मॅक्सवेल

## ३ | रेडिओलहरी व मायक्रोलहरी

झाले नव्हते, आता अर्थातच अणूच्या अंतर्भागातही विद्युतभार असतो व तो अख्यंत जलद गतीने पुढे-मार्गे होत असल्याने त्यातून प्रकाश खेती, हे आणल्याला माहीत आहे. प्रत्येक अणूच्या गाघ्यातीत विद्युतभार निरनिराळ्या गतीने दोसायमान होत असल्याने प्रकाशात निरनिराळ्या लांबीच्या लहरी असतात.

मैक्सवेलच्या समीकरणात, विद्युतभार कोणत्याक्षी प्रकाश विशिष्ट गतीने दोसायमान होतो असे कोठेच महटलेले नाही, याकडे त्याने मुद्दाम लक्ष घेथले होते. ही आंदोलने इतक्या चटवऱ्याने होऊ शकत, की त्या विद्युतचुंबकीय किरणोत्सर्गातून अतिनील किरणांपेक्षाही लळान लांबीच्या लहरी निर्माण होऊ शकत. किंवा हा विद्युतभार संथगतीने आंदोलित झाल्याने विद्युतचुंबकीय किरणोत्सर्गातून अवरक्त किरणांपेक्षाही अधिक लांबीच्या लहरी निर्माण होऊ शकतात.

एखादी गोष्ट गणितात सांगितली आहे म्हणून ती अस्तित्वात आली पाहिजे, अशी कल्पना करावी तागती तर त्याने शाळजांचे समाधान होत नाही. गणिताने एखादी गोष्ट असेत अबी अपेक्षा अवक्त केल्यास काय शोधायला सुवे ते त्यांना समजते; आणि मग शाळजांना ती गोष्ट शोधून काढावीच लागते.

मैक्सवेलच्या समीकरणात म्हटले होते, की वर्णपटातील एका टोकाला अवरक्त किरणांच्या पलीकडे व दुसऱ्या टोकाता अतिनील किरणांच्या पलीकडेही विद्युतचुंबकीय किरणोत्सर्ग असणे शक्य आहे. आता तो किरणोत्सर्ग शोधणे भागच होते.

हेत्रिच रुडॉल्फ हर्टझ (१८५७-१८९४) या जर्मन शाळजाला यात सर्वप्रथम यश यिळाते.

१८८८ साती हर्टझने अतिशय जलद गतीने आंदोलित होणारा विद्युतप्रवाह मुरु केला. त्याने तयार केलेल्या मंडळात धातूच्या दोन गोळ्यांत अगदी लहानशी गोळ्यांची जागा होती व त्यात फक्त हवा होती. विद्युतप्रवाह प्रथम एका गोळ्यात गेला. त्याने दिशा बदलती तेव्हा तो दुसऱ्या गोळ्यात गेला, परत दिशा बदलल्यावर परत पहिल्या गोळ्यात; आणि असे होतच राहिले. प्रत्येक घेळी एका गोळ्यातून दुसऱ्या गोळ्यात जाताना मधल्या रिकाम्या जागेत एक ठिणगी उडालेली दिसे.

मैक्सवेलचे म्हणणे जर खरे असेत, तर मंडळ दोसायमान असतागाच विद्युतचुंबकीय किरणोत्सर्ग दिसायला हवा, असे हर्टझचे मत होते. या किरणोत्सर्गाची सांबी अवरक्त किरणांपेक्षाही अधिक असायला हवी. परंतु हे असेच घडत होते हे कसे समजणार?

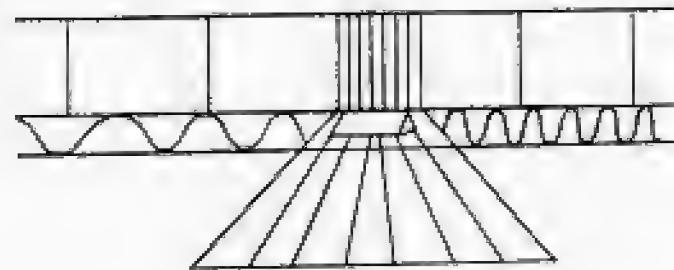
विद्युतचुंबकीय किरणोत्सर्व घोजण्यासाठी (डिटेक्टर) हट्टझने एक लक्षानशी फट असणारी साधी गोलाकार तार घापरली. जर आंदोलित होणाऱ्या विद्युतप्रवाहाने किरणोत्सर्व निर्माण झाला तर त्या किरणोत्सर्वनि गोलाकार तारेतदेखील आंदोलित होणारा विद्युतप्रवाह निर्माण होईल.

नेमके तसेच घडले. हट्टझच्या तारेतील छोट्याशा फटीतही छोट्या ठिक्या उडाल्या. त्याने ती तार खोलीत निरनिराळ्या ठिकाणी नेती. लहर ज्या ठिकाणी बरीच वर किंवा बरीच खासी होती, तेथेही ठिकाणी उडाली, त्याहूनही वर अगर खाली तर ठिकाणी अधिकव तेजस्वी होती. लहर जेथे खाली अगर वर नसून त्यामधील जागेतच होती, तेथे मात्र ठिकाणी पडली नाही. या प्रकारे या आंदोलित प्रवाहाने निर्माण झालेल्या लहरीची सोंबी २.२ फूट किंवा प्रकाश लहरीपेक्षा दहा साख पटीहून अधिक होती हे त्याला समजले.

सुरुवातीला या अतिशय तांब विद्युतचुंबकीय किरणोत्सर्वाच्या लहरीना 'हट्टझियन लहरी' असेच म्हणत असत. नंतर मात्र त्यांना 'रेडिओ लहरी' असे नाव देण्यात आते.

अवरकृत किरणांच्या लहरी नसज्ञा अधिकाधिक सांब होतात तशा त्या रेडिओलहरी बनतात. या दोन प्रकारच्या लहरीमध्ये काही नेमका फटक आहे असे नाही. सोयीसाठी प्लॅटून १/२५ इंच ही शाखज्ञांनी विभाजनाची रेषा मानती आहे. १/२५ इंचापेक्षा कमी लांबीच्या लहरीना अवरकृत लहरी मानतात (त्या जर पुरेशा लहान असल्या तर त्या प्रकाशलहरी होतात). त्याहून अधिक लांबीच्या लहरी म्हणजेच रेडिओलहरी.

रेडिओलहरीची लांबी कितीही असू शकते- काही इंच, काही याई किंवा काही मैलदेखील. हवे तर रेडिओलहरीचे सांब लहरी (सॉर्ट वेव), लहान लहरी (शॉर्ट वेव) किंवा अतिलहान लहरी (व्हॉरी शॉर्ट वेव) असे वर्गीकरणही करता येते. अतिलहान



रेडिओलहरीना सामान्यात: 'लभुलहरी' (मायक्रोवेव्हज) म्हणतात. 'मायक्रो' या ग्रीक शब्दाचा अर्थ आहे 'लहान'.

तधुतहरीची लांबी १/२५ इंच ते शब्दा सहा इंचापर्यंत असते.

शाखज्ञांना एकदा रेडिओलहरीची माहिती झाल्यावर, अशा लहरीद्वारे दूरवर संदेश पाठवण्यासाठी त्यांचा उपयोग करता येईल का, याचा ते विचार करू लागले. त्यापूर्वी सुमारे पक्कास वर्षांपासून तारेद्वारे (टेलिग्रफमार्कत) संदेश पाठवले जात असत. मासाठी संपूर्ण खंडांमध्ये खुंबांवरून तार जोडावी लागी तसेच मुहासागरांच्या तळातूनही केढल घालावी लागत असे.

त्याएवजी जर रेडिओलहरीचा वापर करता आला, तर इतक्या महागळ्या तारा व केवलवर अवतंबून राहावे तागणार नाही.

१८९० साली पदुआर्द ब्रॅन्टी (१८४४-१९४०) या फ्रेंच शाखज्ञाने, हट्टझने यापरला होता त्यापेक्षा अधिक चांगला डिटेक्टर तयार केला. १५० पार्डिवरसी ब्रॅन्टीच्या साधनाता रेडिओलहरी पकडता आल्या. औलिव्हर जोडेक लॉज (१८५१-१९४०) या ड्रिटिश शाखज्ञाने यात आणखी सुधारणा केली व त्याला तर अर्धा मैलावरही या लहरी पकडता आल्या. त्याने ठिपके व रेषा या स्वरूपातही या रेडिओलहरी पाठवल्या, महणजे पॉर्सच्या पद्धतीनेही संदेश पाठवता येतील.



गुग्लिएल्मो मार्कोनी

गुग्लिएल्मो मार्कोनी (१८५४-१९३७) या इटालियन शास्त्रज्ञाता अर्थात या सर्वांकुल अधिक पश्च लाभले, क्षितिजतंब प्रकारच्या उंच तारांच्या माथ्यमातून (ॲंटेना) त्याला अधिक शक्तिशाळी लहरी पाठवता आल्या तसेच त्या सहजरीत्या पकडताही आल्या. (काही कीटकांच्या डोक्यावर अशा प्रकारच्या नूक्म तारेसारख्या रवना असतात, त्यासाठीही 'ॲंटेना' हाच वाच्य वापरला जातो.)

१८५६ सालापर्यंत मार्कोनीता ९ मैत्रांच्या अंतरापर्यंत असा संदेश मिळवता येऊ लागला. यात आणखीही सुधारणा करता ऐझेल का? रेडिओलहरी सरळ रेषेतच प्रवास करतात, पण पृथ्वीचा पृष्ठभाग मात्र गोलाकार असल्याने खाली वळसेता असतो, ९ पैहांनंतर रेडिओलहरी ढगातून जाऊन खेरे तर अवकाशातच निघून जायता हव्यात.

सुदैवाने उंचावरीत वातावरणात विद्युतभारित कणांचा एक भर असतो. याला 'आयनोस्फियर' असे नाव आहे, कारण विद्युतभारित कणांना म्हणतात 'आयन्स'. या धरातून रेडिओलहरी परावर्तित केल्या जातात. पृथ्वी व हा भर पांच्या दरम्यान रेडिओलहरी चैंबूसारख्या उसव्या घेतात आणि अशा प्रकारे त्या पृथ्वीच्या गोलाकाराभोवती प्रवास करू शकेतात.

१२ डिसेंबर १९०२ रोजी मार्कोनी इंग्लंडच्या नैकत्य टोकाला गेला व एका फुण्यातून त्याने रेडिओलहरी संदेश पाठवला. ॲंटलांटिक महासागराच्या दुसऱ्या टोकाला असणाऱ्या न्यूफ़ॉलंडसंड्याप्ये हा रांदेश पोचला. केवलसंचा उपयोग न करता, केवळ किंवद्दनसर्गाच्या वापराने त्याने महासागराच्या पतीकडे हा संदेश पाठवला होता. याच कारणापुढे मार्कोनीता 'रेडिओटेलिग्राफी' या तंत्राचा जनक मानतात, तसेच या शब्दावे 'रेडिओ' हे लघुरूप प्रचलित झासे.

काही वर्षांनी रेजिनाल्ड ऑंड्री फेसेन्हन (१८६६-१९३२) या

कॅनेडियन-अमेरिकन शास्त्रज्ञाने रेडिओलहरीत कशा प्रकारे बदल केल्याने त्या ध्वनिलहरीसारख्या जाणवतीत हे शोधून काढले. मग ध्वनिलहरीमधून निर्माण झालेल्या रेडिओलहरीची ध्वनिलहरीचीत फरकही दाखवून देऊ शकत. दुसऱ्या टोकाता अशा प्रकारे निर्माण केलेल्या रेडिओलहरीचे रूपांतर परत ध्वनिलहरीत करता येत असे. अशा प्रकारे तंत्रज्ञ रेडिओतून आवाज व संगीतदेखील ऐकवू शकत असत. २४ डिसेंबर १९०६ रोजी रेडिओतून प्रथमच संगीत ऐकता आले.

कालांतराने यात इतर उनेक सुधारणा झाल्या व आज आपल्याला सर्वत्र दिसणारे रेडिओ व टेलिविजन सेट तथार झाले.

मायक्रोवेळेच्या या लघु रेडिओलहरीचा १९३० सालापर्यंत फारसा कशासाठीच उपयोग करल्यात येत नव्हता. त्यानंतर दूरच्या अंतराकरीत वस्तूंचा शोध घेण्यासाठी किरणोत्सर्गाची वापर करण्याचा प्रश्न निर्माण झाला.

यात विचित्र वाटण्यासारखे काहीच नाही, कारण दूरवरच्या वस्तूंचा आवण याच प्रकारे शोध घेतो. दूरवरच्या वस्तूंकडून ग्रकाश परावर्तित झालेला आपल्याला दिसतो. त्यामधून मिळणाऱ्या प्रतिमेवरून त्या वस्तूचा आकार व रंग, तसेच ती वस्तू साधारण किंवा अंतरावर आहे हे आपल्याला समजते.

तधापि, प्रकाश पाण्यात खूप खोलवर जाऊ शकत नाही म्हणून सागरातील वस्तू आपल्याला दिसत नाहीत. ध्वनिलहरी पाण्यातून जाऊ शकतात, पण त्या इतक्या संबं असतात, की पाण्यातील लहानशा वस्तूपासून त्या परावर्तित होत नाहीत; त्याएवजी त्या त्यांच्या बाजूने वकून आसारा.

पण मग आपल्या कानांना ऐकू येणार नाहीत अशा अतिशय आखूड लांबीच्या ध्वनिलहरीचा उपयोग केला आहे अशी कृत्यना

करा, अशा ध्वनिलहरीना 'अल्ट्रासाउंड' लहरी म्हणतात. (या लॉटिन शब्दांचा अर्थ आहे 'आवाजाच्या पलीकडे'.)

१९१७ साली पॉल तॉजव्है (१८७२-१९४६) या फ्रेंच शास्त्रज्ञाने अशा अल्ट्रासाउंड लहरी सागरात पाठवून त्यांचा प्रतिध्वनी मिळवता येईल अशा यंत्रणेचा शोध लावला. या प्रतिध्वनीवरून, ज्या वस्तूवरून या लहरी परावर्तित झाल्या होत्या त्या वस्तूचा आकार व आकारमध्ये सांगता येत असे. या लहरी त्या वस्तूपर्यंत पोचून त्यांचा प्रतिध्वनी मिळेपर्यंतचा वेळ यावरून त्या वस्तूचे अंतरही गणिताने समजून घेता येते. या पद्धतीला 'सोनार' म्हणतात. 'साउंड नॅचिंगेशन अंड रेंजिंग' (पातील रेंजिंग पा शब्दाचा अर्थ आहे अंतर सांगणे) या शब्दांच्या लघुरूपातून हा शब्द बनला आहे.

पहिल्या जागतिक युद्धाच्या काळात सागरातीत जर्मन पाणबुळ्या शोधण्यासाठी लॉजव्हैने ही पद्धत शोधून काढली. परंतु सोनार यंत्रणा पूर्णपणे कार्यक्षम होईपर्यंत जागतिक युद्धाचा बोवट होऊन जर्मनीचा पराभव झाला होता. युद्धानंतर मात्र या तंत्राचा, सागराच्या तळाचा अभ्यास करण्यासाठी उपयोग करण्यात आला.

१९३० च्या दशकात जर्मनीबरोबर नव्याने मुद्द होण्याची शक्यता दिसू लागली; आणि आता विमानांपासून मोठाच भोका निमण झासा होता. रात्रीच्या थेळी न दिसणारी विमाने किंवा दगांच्या वरून जाणारी विमाने आपल्याकडे येत आहेत का हे समजणे गरजेचे होते. त्यासाठी 'सोनार'चा उपयोग होत नव्हता, कारण त्याचे कार्य त्यासाठी फार संध गंतीने होणारे होते.

प्रवाणाच्या वेगाने जाणाऱ्या विद्युत्वंवकीय किरणोत्सर्गाची यासाठी गरज होती. या लहरी फार तांब असून चालणार नव्हते, कारण त्या विमानाने परावर्तित झाल्या नसल्या. तसेच त्या जर फार आखूड असतील, तर त्या घातावरणात धुके, धूर वा ढग असताना पुरेशा दूरवर जाणार नाहीत. यासाठी मायक्रोलहरी हा योग्य पर्याय



दुसऱ्या महाशुद्धातील विनाल्यापरीत रडार केळ

होता- त्यांची लांबी नेमकी हवी तेवढीच होती.

मायक्रोलहरीचे फकारे पाठवून त्यांचा येणारा प्रतिष्ठनी एकत्रित करण्याचा काहीतरी नार्म शास्त्रज्ञाना शोधून काढणे भाग होते. तसेच फकारे पाठवल्याच्या वेळेपासून ते त्याचा प्रतिष्ठनी येईपर्यंत सेकंदाचा एक सहानुसा भाग एवढा कमी वेळ लागत असला. तरीही तो वेळ नेमकेपणे मोजता येणेही गरजेचे होते. त्यावरून त्या वस्तूचे अंतर व आकार समजाणार होते.

१९३५ सालापर्यंत विशेषत: रॉबर्ट अलेकझांडर वैट्सन-वॅट (१८९२-१९७३) या ड्रिटिश शास्त्रज्ञाच्या प्रयत्नामुळे अशी यंत्रणा कायान्वित करण्यात भाली. यात कमी लांबीच्या धनिलहरीच्या ऐवजी कमी लांबीच्या रेडिओलहरीच्या घापर करण्यात येत असल्याने त्याला 'रडार' ('रेडिओ डिटेकशन अंड रेनिंग'चे लघुरूप) असे नाव देण्यात आले.

१९३९ साली मुख्याची सुरुवात झाली व जर्मनीच्या विमानांनी इंग्लंडवर लोरदार हल्ले केले. यालाच 'ड्रिटनची लढाई' असेही म्हणतात, जर्मनीकडे अधिक विमाने होती; परंतु इंग्लंडकडे 'रडार' होते आणि जर्मनीची विमाने कोठे आहेत व ती केव्हा येतील हे त्यांना आधीच समजत असे. ड्रिटिशांची विमाने अगोदरच जागेदर उपस्थित असत, त्यामुळे जर्मनीचा या लढाईत पराभव झाला व अखेच पहिल्या जागतिक मुद्दाप्रगाणेच दुसऱ्या जागतिक मुद्दातही जर्मनीला हार पटकसावी लागली.

दुसरे जागतिक पुढी पांबत्यानंतर रडार व मायक्रोलहरीचा घापर रोजच्या जीवनातही सुरु झाला. वेगमर्यादा ओतांडून अधिक वेगाने जाणाऱ्या मोटारी पकडून चालकांना शिक्षा करण्यासाठी पोलीस रडारचा उपयोग करू लागते. विमानतळावर येणाऱ्या विमानांवर लक्ष ठेवण्यासाठीही रडारचा घापर होऊ लागला. विमानतळांवरून जाणाऱ्या व येणाऱ्या विमानांची टक्कर होण्याचा

## ४ | ग्रह व मायक्रोलहरी

धोका टाळून त्यांची बाहतूक सुरक्षीत करणे यामुळे शक्त्य झाले.  
घरांमध्येदेखील मायक्रोलहरीचा यापर सुरु झाला.

नेहमीच्या स्वयंपाकासाठी बुलीवर किंवा विजेच्या शोगळ्यावर  
वस्तू गरम कराल्या लागतात. यात शोठ्या प्रवाणावर अवरक्त  
किरण बाहेर टाकते जातात व ती उष्णात शिजणान्या पदार्थात  
दिली जाते.

तथापि, अवरक्त किरणोत्सर्ग अन्नात पूर्णपणे शोषला जात  
नाही म्हणून उष्णात केवळ पृष्ठभागापर्यंतच पोहोचते. बाहेरील  
उष्णात पदार्थाच्या अंतर्भागापर्यंत पोचण्याचे काम अतिशय संथ  
गतीने होते. उदाहरणार्थ, एखादी कोंबडी भाजायची असल्यास  
तिचा आतील भाग चांगला भाजला जाण्यास बराब वेळ लागतो.

मायक्रोलहरीच्या लहरी लांब असल्याने त्यांची उष्णात पदार्थाच्या  
अंतर्भागापर्यंत, खोलवर पोचू शकते. उदाहरणार्थ, मांसाचा एखादा  
शोठा तुकडा शिजवायचा असल्यास, या लहरी केवळ पृष्ठभागाची  
न घांबता घेट आतपर्यंत जाऊ शकतात. आता अनेक घरांमध्ये  
लवकर स्वयंपाक करण्यासाठी मायक्रोलहरीच्या ओव्हनचा उपयोग  
केला जातो. बाजारातही मायक्रोलहरी ओव्हनमध्ये शिजवण्यासाठीचे  
अन्नपदार्थ वेगळ्या प्रकारच्या वेणुणाहून दिसे जातात.

दुसऱ्या जागतिक सुख्दानंतर रडारचाही शास्त्रीय संज्ञोधनासाठी  
यापर होऊ लागला. उदाहरणार्थ, रडारसाठी वापरण्यात पेणान्या  
मायक्रोलहरी विणानांग्रामाणेच अशानी किंवा उल्कांमधूनही परावर्तित  
होतात. सामान्यतः अशानी रात्रीच्या वेळी वातावरणातून जाताना  
जेव्हा शुभ्र दिसण्याइतके गरम होतात, तेव्हाच आपल्याला दिसतात.  
आपण त्यांना उल्का म्हणतो, दिवसा जसे इतर तारे दिसत नाहीत,  
तशाच उल्कादेखील दिसत नाहीत. रडारच्या साहाय्याने रात्रीग्रामाणेच  
दिसताही उल्का असल्याचे समजू शकते.

याहून अधिक अंतरावर असाणान्या वस्तूंपर्यंतही अशाच तन्हेने  
पोचता घेते. उदाहरणार्थ, १९४६ साली रडारचा एक झोत चंद्रावरून  
परावर्तित होऊन पुर्वीवर परत आलेलादेखील समजू शकता.  
त्यानंतरच्या काही वर्षांत शुक्र, मंगळ व गुरुवरून परावर्तित  
झालेले रडारचे झोतही पकडता आले. सूर्यवरून परावर्तित होऊन  
आलेले रडारचे झोतही पकडण्यात आले.

हे ग्रयोग अतिशय महत्वाचे होते. मायक्रोलहरी पाठवल्यापासून  
त्या परावर्तित होऊन परत येण्यास किंती वेळ लागला, याबरून  
शाखज्ञ आकाशातील वस्तूचे अंतर गणिताने शोधून काढू शकता.  
या वेळपर्यंत माहीत असलेल्या इतर कोणत्याही पद्धतीपेक्षा ही  
पद्धत अधिक अचूक होती.

विशेष म्हणजे, रडार आपल्याला ग्रहांसंबंधी माहीत नसलेली  
बरीच इतर माहितीही देऊ शकता होते.

अशी कल्पना करा, की जेव्हा एखादी लहान वस्तू, मोळ्या  
वस्तूभोवती फिरते तेव्हा मोळ्या वस्तूमुळे लहान वस्तूवर भरती व

ओहोटी उत्पन्न होतात, या दूरीने आपण विचार करत आहोत. भरती-ओहोटीमुळे घर्षण होते व त्यामुळे लहान वस्तूचा आपल्या आसाभोवती फिरण्याचा वेग कमी होतो. अखेर मोठ्या वस्तूपोवती फिरता फिरता लहान वस्तूची केवळ एकच बाजू मोठ्या वस्तूच्या समोर राहते. म्हणून चंद्राची एकच बाजू पुर्खीच्या समोर असते.

अनेक वर्षांपासून शास्त्रज्ञांना अशी शंका होती, की सूर्यभोवती फिरताना बुध या ग्रहाची एकच बाजू सूर्यासमोर असते, ती बाजू कायम अतिशय उष्ण असणार व दुसरी बाजू कायमच अंधारात असल्याने अतिशय घंड असणार, अशी शास्त्रज्ञांची कल्पना होती.

आता आपण हे खात्रीशीरीसरीत्या सांगू शकतो का? हो, कारण प्रत्येक वस्तूतून विद्युत-चुंबकीय फिरणोत्सर्ग बाहेर पडतो, वस्तू जितकी अधिक उष्ण असेल, तितकी त्यातून येणाऱ्या लहानची लांबी कमी असते. आपल्याला दिसेत अशा प्रकारचा प्रकाशमिळण्यासाठी ती वस्तू अतिशय उष्ण असावी लागते. घंड वस्तूतून मायक्रोलहरीसारख्या ज्या अधिक लांबीच्या लहसी येतात, त्या आपल्याला दिसत नाहीत.

१९६२ साली बुधाच्या घंड बाजूकडून येणाऱ्या मायक्रोलहरी शास्त्रज्ञांना पकडता आल्या. या मायक्रोलहरीची लांबी बरीच कमी होती व त्या ज्या प्रमाणात उपलब्ध होत्या, त्यावरून बुधाची अंधारी बाजू अगोदर कल्पना केली होती त्यायेका बरीच उष्ण होती असे शास्त्रज्ञांना समजून घुकले. म्हणजेच त्या बाजूलाही सूर्याची उष्णता अधूनमधून मिळत असणार.

खगोलशास्त्रज्ञांनी मग बुधाकडे मायक्रोलहरी पाठवल्या व त्या परावर्तित आल्यावर त्यांचा अभ्यास केला. बुध जर आपल्या आसाभोवती फिनत असेल, तर मायक्रोलहरी किंचितशा निराक्षय स्वरूपात दिसतील व ते स्वरूप परावर्तित लहरीमध्येही दिसून येईल. या फरकाच्या आकारावरून बुधाच्या भ्रमणाचा वेगाही

गणिताने काढता येती.

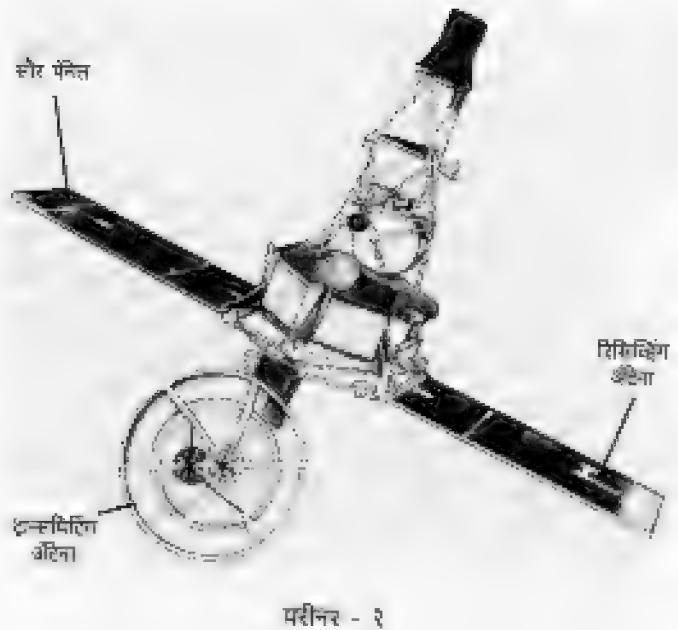
बुध जर आपल्या आसाभोवती ८८ दिवसांत फिरत असेल, म्हणजेच त्याला सूर्यभोवती एक प्रदक्षिणा करण्यास जेवढा वेळ लागतो तेवढाव हा काळावधी असेल, तर बुधाची एकच बाजू, कायम सूर्यासीमोर राहात असेत.

१९६५ साली मायक्रोलहरीच्या परावर्तनावरून शास्त्रज्ञांना समजले की बुधाला एक केसी करण्यास सुमारे ५८.५ दिवस लागतात, याचा अर्ध, सूर्याच्या संदर्भात त्याची फिरण्याची गती कमी आहे म्हणून त्याच्या संपूर्ण पृष्ठभागाला केव्हा ना केव्हा सूर्यप्रकाश मिळतो.

शुक्र या ग्रहासंबंधी आणखीच आश्चर्यकारक गोटी समजून आल्या. बुधायेका शुक्र आपल्या जवळ आहे व तो बुधायेका मोठाही आहे, म्हणून बुधायेका शुक्राच्या अंधान्या बाजूचा शास्त्रज्ञांना सहजपणे अभ्यास करता आला. १९५६ साली असा शोध लागला, की शुक्राकडून ज्या प्रमाणात मायक्रोलहरी मेत होत्या त्यावरून तो घराच उष्ण असला.

अर्थात, शुक्रावर दाट यातावरण आहे; पण बुधावर मात्र यातावरण नाही. कदाचित शुक्रावरील उंचावरील ढगांचे तापमान अधिक असेल, पण त्याखालीत घन पृष्ठभाग घंड असू शकेल. तथापि, १९६२ साली 'मरिनर-२' हे अमेरिकेचे शोधयान शुक्रालघव्हून गेले व त्याने शुक्रावरील मायक्रोलहरीचे मोजभाप घेतले. त्यानंतर मात्र याबाबत काहीच शंका राहिती नाही. शुक्राचा पृष्ठभाग सर्वत्र, जस्त व पत्रा वितक्कू शकेल इतका, उष्ण होता.

शुक्रावरील दाट ढगांमुळे हा ग्रह बन्याच अंशी द्वय पदार्थाचा बनला असेल व आफिकेप्रमाणे काहीशाच गरम असेल, अशी शास्त्रज्ञांना शंका वाटत होती; परंतु शुक्र मनुष्यवस्तीसाठी अतिशय



उष्ण असून त्याचा पृष्ठभाग पूर्णपणे कोरडा आहे, असाही शोध मायक्रोलहरीमुळे लागता.

शुक्रापोवती अतिशय दाट ढगांचे रुबच असत्याने खालोलशाळजांना शुक्राचा पृष्ठभाग कढीच दिसता नव्हता; व पृष्ठभाग दिसत नसल्याने त्याच्यावरील कोणत्याच खुणा पाहून शुक्राच्या प्रदक्षिणेचा काळ मोजता आला नव्हता. पृथ्वी व बुधाप्रमाणेच शुक्रही २४ तासात स्वतःभोवती एक प्रदक्षिणा करत असावा, असे काढी शाळजांचे मत होते. काढीच्या मर्ते ह्या काळ २२५ दिवस म्हणजे सूर्याभोवतीच्या एका प्रदक्षिणेइतकाच असावा, म्हणजे त्याची एकच बाजू कायम सूर्याकडे राहात असेल.

यापैकी दोन्ही मर्ते चुकीचीच ठरली. १९६२ ज्ञाली परावर्तित झालेल्या मायक्रोलहरीवरून शुक्र २४३ दिवसांत एक प्रदक्षिणा पूर्ण करतो असे दिसून आले. म्हणजे त्याच्या प्रत्येक भागावर, बुधाप्रमाणेच, केव्हा ना केव्हा सूर्यप्रकाश येतो. विशेष म्हणजे, इतर ग्रह पश्चिमेकडून पूर्वेकडे अशा तर्फ्याने फिरतात, पण शुक्र मात्र पूर्वेकडून पश्चिमेकडे अशा प्रकारे फिरतो.

शुक्रासंबंधी मायक्रोलहरीद्वारे आणखीही बन्याच प्रकारची माहिती घिलाती. १९७८ याती 'पांचोनियर-ल्हीनस' नावाचे एक शोधयान शुक्राच्या जवळून गेले व त्याच्यापोवतीच्या कक्षेत फिरल लागले.

या शोधयानाने पाठवलेल्या मायक्रोलहरी सहजपणे ढगांच्या आरपार गेल्या व शुक्राच्या घन पृष्ठभागावरून परावर्तित झाल्या. या परावर्तित मायक्रोलहरीचा अभ्यास करून शीलजांना, परावर्तित प्रकाशाचा अभ्यास करून समजून घेता आले. अर्थात, प्रकाशातहरीपेक्षा मायक्रोलहरी बन्याच लांब असत्याने शुक्र काहीकाळ आस्पद स्वरूपातच 'पाहता' आला.

परावर्तित मायक्रोलहरीवर्लन असे दिसून आले, की शुक्राचा सुग्रारे ५/६ पृष्ठभाग हा पृष्ठभागाच्या सरासरी उंचीहून अधिक उंच आहे. राहिलेता १/६ पृष्ठभाग मात्र बराच खोल असून शुक्राच्या सुरुचातीच्या काळ्यात कदाचित त्यात पाणी भरलेले असावे.

यापैकी खांडांच्या प्रदेशात दोन मोठी पठारे असून त्यात पर्वत रांगाही आहेत. यापैकी काढी पर्वतशिखरे पृथ्वीवरील क्षेणत्याही शिखरापिक्षा अधिक उंच आहेत. यापैकी काढी शिखरे म्हणजे ज्वालामुखीची मुखे असू शक्तील; पण आता तरी हे ज्वालामुखी मृतावस्थेत असावेत.



मोळाहूल टेलिकॉमन मुनिट व मायक्रोलहरीचा डॉट्ना

## ५ | विश्व व मायक्रोलहरी

आपल्या सूर्यमालेच्याही पलीकडून आपल्याकडे मायक्रोलहरी येत असतात; पण ही बाब केवळ योग्योगानेच आपल्यात समजली.

महासागरांच्या पतीकडून टेलिफोनने दलणवळण साधण्यासाठी रेडिओ तहरीचा वापर केला जातो. बन्याच वेळा अशा दलणवळणात बाहेरून येणाऱ्या रेडिओ लहरीमुळे व्यत्यय येत असे. या बाहेरून येणाऱ्या तहरीमुळे जो आवाज व खरखर येते त्याला 'स्टैटिक' असे नाव आहे, त्यामुळे टेलिफोनवरील बोलणे नीट ऐकू येत नसे.

हा व्यत्यय नेमका कोठून येतो हे अमेरिकेतील बैल टेलिफोन कंपनीला शोधून काढायचे होते, म्हणजे मग तो नाहीसा होण्यासाठी ते काही उपाय शोधू शकतील. १९३१ साती काळी गृथ जॅन्स्की (१९०५-१९५०) या अमेरिकन अभियंत्याकडे त्यांनी ही जबाबदारी सोपवली.

जॅन्स्कीने रेडिओ तहरी एकवित करण्याची एक यंत्रणा तयार केली. काही सहरी वादळांमुळे येत असतील, काही आकाशात उडत असणाऱ्या विमानांमधून येत असतील, काही आजूवाजूच्या भागातील विद्युत उपकरणांमधून येत असतील वरीरे वरीरे, या सर्व समस्यांचा तो आव्यास करत होता. त्याचप्रमाणे विद्यारत न घेतलेले इतरही काही शोत असतील का, याचाही तो विषार करत होता.

जॅन्स्कीला नेहमीच्या शोतांपेक्षा निशळा परंतु अव्याहृतपणे थेणारा एक प्रकारचा स्टैटिकचा कम्कुवत सोत मिळाला. हा शोत आकाशातून येत होता हे पाहून त्याला फारच आश्वर्य घाटले, खरे तर तो सूर्यातून येत असावा असे दिसत होते.

ते सहज शक्य होते. सूर्यातून सर्व तांबीचा विद्युतघुंबकीय

किरणोत्सर्ग बाहेर पडतो, तेला त्यात रेडिओ लहरीही असाव्यात हे साहजिकव होते.

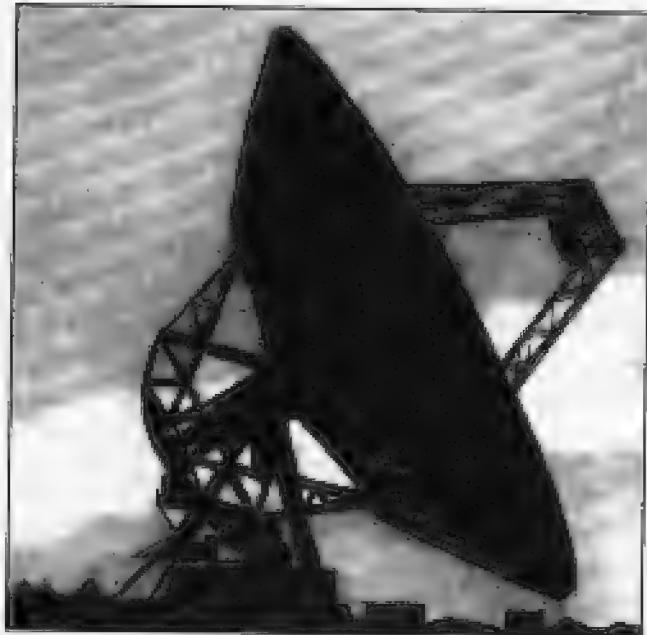
जॅन्स्कीने या स्टैटिकचा दररोज मागोवा घेणे चातू ठेवले व त्यावरून तो सूर्यातून येत नसावा असे दिसू तागले. हा शोत दररोज सूर्याच्याही आधीच येताना दिसत होता. दररोज तो सुमारे ४ मिनिटे सूर्याच्या आधी येत होता.

तारेही दररोज सूर्याच्या नेमके आधी चार मिनिटे येतात. याचा अर्थ, हा स्टैटिकचा शोत सूर्यमालेतून न येता त्याच्याही बाहेरून म्हणजे तायांतून कोठून तरी येत असावा.

जॅन्स्कीने आपले निरीक्षण घासूच ठेवले व स्टैटिकच्या या तहरी, अमेरिकन खगोलशास्त्रज्ञ हलो शेपली (१८८५-१९७२) याने २० वर्षांपूर्वी जो जागा आपल्या दीर्घिकेचे केंद्र प्लॅटून दर्शवली होती, त्याच दिशेकडून कोठून तरी येत असाव्यात, असे त्याचे मत झाले. दुसऱ्या शब्दात सांगायचे तर, या रेडिओलहरी शोकडो अल्ज तायांच्या समूहाकडून - यात आपल्या सूर्याच्याही समावेश होतो - येत असाव्यात.

डिसेंबर १९३२ मध्ये जॅन्स्कीने आपले निष्कर्ष जाहीर केले. रेडिओ तहरी दीर्घिकिच्या केंद्रासून म्हणजे तीस हजार प्रकाशवर्षे इतक्या अंतरावरून येत होत्या.

या शोधामुळे बरीच खलबळ माजली. न्यूयॉर्क टाइम्सने ही बातमी पहिल्या पानावर छापली. तरीही शासवळांनी यावाबत काहीच केले नाही. फक्त ग्रोट रेबर (जन्म १९११) या हीशी रेडिओ शासवळाने याची दखल घेली. १९३७ साली त्याने इलिनॉय प्रांतातील व्हीटनमधील त्याच्या घराच्या परतात एक बशीच्या आकाराचा परावर्तक तयार करून बसवला. यात आकाशातून येणाऱ्या रेडिओलहरी पकडून त्या परवर्तकाच्या मध्यभागी पाठवल्या जात. हा पहिलाच 'रेडिओ टेलिस्कोप' किंवा 'रेडिओ दुर्बीण' होती.



रेडिओ टेलिस्कोप

४२ | मायक्रोलहरी



ग्रोट रेडर व त्याचा विटन इतिनांय  
देखील रेडिओ टेलिस्कोप

मायक्रोलहरी | ४३

१९३८ साली रेवरने रेडिओलहरी आकाशातून कोटून येत असाव्यात याचा अभ्यास मुरु केला. त्याने आकाशाचा एक रेडिओ नकाशा ही तयार केला व तो १९४२ साती प्रसिद्धही केला. त्याला मिळालेली निरीक्षणे काहीशी अस्पष्ट होती; परंतु त्या काळात त्याने इतर कोणापेक्षाही या क्षेत्रात अधिक कार्य केले.

पृथ्वीच्या वातावरणातून काही थोड्या प्रकाशवाच विद्युरवुंबकीय विरणोत्तरांग आपल्यापर्यंत पोचू शकतो, अर्थात, नेहमीचा प्रकाशाही येऊ शकतोच. बहुतेक अतिनील प्रकाश व त्याहूनही कमी सांबीच्या लहरी पृथ्वीचे वातावरण पार करू शकत नाहीत. अर्थात, बहुतेक अवशक्त लहरी व लांब रेडिओलहरीदेखील येऊ शकत नाहीत. जणू काही नेहमीच्या प्रकाशाचा पडा ही एकच अशी छोटीली उघडी खिडकी आहे, की त्यातूनच आपल्याला विश्वाची माहिती होऊ शकतो.

आणि मायक्रोलहरी ही आहे आपली दुसरी खिडकी वातावरणातून या लहरी सहज येऊ शकतात. लांब रेडिओलहरी जर पृथ्वीवरून निघाल्या, तर त्या आयनोस्फियरमधून उसकी घेऊन अवकाशात नाहीशा होतात. म्हणूनच रेडिओत मायक्रोलहरीचा वापर करण्यात आला नव्हता.

त्याच्यामाणे, अवकाशातून येणाऱ्या लांब रेडिओ लहरी आपल्याकडे येताना आयनोस्फियरमधून परावर्तित होतात आणि आपल्या उपकरणापर्यंत पोचतच नाहीत. मायक्रोलहरी मात्र आयनोस्फियरमधून आपल्यापर्यंत सहज येतात. जॅन्स्की व रेवरला मिळालेल्या रेडिओलहरी या मायक्रोलहरी होत्या.

अवकाशातून येणाऱ्या मायक्रोलहरीमध्ये शाखजांना अशिक स्वारस्थ का नव्हते? याचे उत्तर साधे आहे, रेडिओमध्ये मायक्रोलहरीचा वापर होत नसल्याने त्या पकडण्याची उपकरणे बनवण्यात आली नव्हती म्हणून त्यांचा अभ्यासही केला जात नव्हता.

१९३० च्या दशकात रडारचा विकास झाल्याने अशा उपकरणांविषयी संशोधन होऊन ती तवारही करण्यात आली. दुसर्या जागतिक युद्धानंतर जेव्हा रडारसंबंधीची गुपता संपुष्टात आली, तेव्हा ही उपकरणे शाखजांनी बापरू लागले. १९५० च्या दशकात रेडिओ दुर्बिणी बनवण्यात आल्या व रेडिओ खगोलशास्त्राता संशोधनात अतिशय महत्त्वाचे स्थान मिळाले.

रेडिओ दुर्बिणीचा संबंध असणाऱ्या लहरी नेहमीच्या प्रकाशलहरीच्या दशलक्षपट लांब असल्याने, रेडिओ दुर्बिणीतून स्पष्ट 'दिसण्यासाठी' त्यांची रुंदी साध्या दुर्बिणीपेक्षा दशलक्षपट अधिक असणे भाग होते.

अर्थात, यातून मार्ग काढण्याचाही एक उपाय आहे, दोन लहान रेडिओ दुर्बिणी जर अनेक मैलांच्या अंतरावर बसवल्या, तर ती जणू अनेक मैल रुंदीची एकच रेडिओ दुर्बिण असल्याप्रमाणे त्याचे कार्य नेमकेपणाने व एकवितरीत्या चालेल अशी योजना करता येते. अशा प्रकारे आता रेडिओ दुर्बिणीचे अनेक गट तयार करता येतात व त्याद्वारे साध्या दुर्बिणीपेक्षा अधिक स्पष्टपणे 'पाहता' येते.

साध्या दुर्बिणीतून कधीच मिळू शकायार नाही अशी माहिती शाखजांना रेडिओ दुर्बिणीद्वारे मिळू शकते. साध्या प्रकाशात दूरवरची एखादी दीर्घिका पूर्पिणी शांत व स्वस्थ दिसू शकते. तथापि, रेडिओ दुर्बिणीतून पाहिले भसता, तिच्या केंद्रातून मोठ्या प्रमाणावर मायक्रोलहरी बाहेर पडल आहेत असे समजू शकते. किंवा केंद्राचित एखाद्या मोठ्या स्फोटानंतर त्या केंद्रातून मायक्रोलहरी बाहेर टाकणारे पदार्थद्वय केंद्राच्या दोन्ही बाजूंकडे फेकले जात असतो.

अशा दीर्घिकांना आता 'क्रियाशील दीर्घिका' किंवा 'ऑफिटक्ह मैलेक्सीज' असे म्हणतात. रेडिओ खगोलशास्त्राचा शोध लागण्यापूर्वी वाटत असे त्यापेक्षा साध्या दीर्घिकादेखील अधिक क्रियाशील

असत्याचे आता लक्षात येते.

जॅन्स्कीने आपल्या दीर्घिकेच्या केंद्रस्थानीदेखील रेडिओलहरी असत्याचा शोध लावला होता. आपल्या दीर्घिकेच्या मध्यभागी असलेल्या एका ठिकाणामधून खूप मोठ्या प्रमाणावर मायक्रोलहरी बाहेर पडत असतात, हे आता आपल्याला माहीत झाले आहे.

आपल्या दीर्घिकेच्या केंद्रस्थानी एक कृष्ण विवर असावे, असा शाळजांचा अंदाज आहे. (अधिक माहितीसाठी पहा : आसिमॉव्ह यांच्या 'शोधांच्या कथा' या मालिकेतील 'कृष्णविवरे'). कदाचित प्रत्येक दीर्घिकेच्या केंद्रभागी असे कृष्णविवर असेलही; पण मायक्रोलहरी नसत्या, तर आपल्याला अशी शंकादेखील आली नसती.

बहुतेक तारे इतके दूर आहेत, की तेवढ्या अंतरावरून येणाऱ्या मायक्रोलहरी पकडणे शक्य होत नाही. सूर्य आपल्यापासून बराच जवळ असत्याने त्याच्याकडून येणाऱ्या मायक्रोलहरीच आपण ओळखू शकतो.

तथपि, काही ताऱ्यांकडून मात्र पुरेशा प्रमाणात मायक्रोलहरी येतात म्हणून त्या ओळखता येतात. अशा ताऱ्यांना 'रेडिओ तारे' म्हणत असत, ते अतिशय वेगळ्या प्रकारचे होते म्हणून साध्या दुर्बिणीतून त्यांचा बारकाइने अभ्यास करण्यात आला व त्यापैकी काही तारे काहीसे धूसर दिसत होते. ते बहुधा सर्वसाधारण तारे नसावेत असे वाटत होते, म्हणून त्यांना 'क्वॉसी स्टेलर' असे संबोधण्यात येऊ लागले (या लॅटिन शब्दाचा अर्थ आहे 'ताऱ्यासारखे'), तेवकरच याचे लघुरूप होऊन त्यांना 'क्वासार' असे नाव मिळाले.

या क्वासारमधून येणाऱ्या प्रकाशाचे काळजीपूर्वक पुढकरण करण्यात आले. त्यांच्या वर्णपटातील तपशील विचित्रच दिसत

होते. अखेर मार्टन शिपिट (जन्म १९२९) या डच-अमेरिकन शाळजाने १९६३ साली हे कोडे सोडवले. तो अभ्यास करत असलेल्या क्वासारचा वर्णपट विचित्र दिसत होता, कारण तो क्वासार प्रचंड गतीने आपल्यापासून दूर जात होता. सर्वच क्वासार पृथ्वीपासून प्रचंड गतीने दूर जात होते.

एखादी वस्तु आपल्यापासून जितकी अधिक गतीने दूर जात असेल, तितकी ती आपल्यापासून अधिक अंतरावर असते, असे शाळजांचे मत आहे. तसे असल्यास, सर्वच क्वासार अतिशय दूर आहेत. आपल्या सर्वात जवळचा क्वासारदेखील एक अब्ज प्रकाशवर्षे इतक्या अंतरावर आहे. शोध लागलेले काही क्वासार तर १७ अब्ज प्रकाशवर्षाच्या अंतरावर असत्याचा अंदाज आहे.

क्वासार या अतिशय क्रियाशील दीर्घिका असाव्यात, दुर्बिणीतूनदेखील त्यांच्या केंद्रस्थानी होणारी प्रचंड उलाढालच आपल्याला इतक्या अंतरावरून दिसू शकते. या दीर्घिकेचा बाहेरील भाग दिसतात नाही. म्हणूनच त्यांची केंद्रस्थाने तेवढी अस्पष्ट ताऱ्यासारखी दिसतात. त्यांच्याकडून जर मायक्रोलहरी आल्या नसत्या, तर त्यांच्याकडे यिशेष लक्ष देण्याजोगे काही आहे असे शाळजांना वाटलेही नसते.

सर्वात दूर असणारे क्वासार सुमारे १७ अब्ज वर्षपूर्वी कसे होते ते आपण आता पाहात आहोत, कारण त्यांचा प्रकाश आपल्यापर्यंत पोचायला तेवढा वेळ लागतो. आता आपल्याला ते जसे दिसतात तसे ते विश्वाच्या सुरुवातीच्या काळात होते. या दूरवरच्या क्वासारसंबंधी आपल्याला जर अधिक माहिती मिळाली, तर विश्वात पसरलेल्या अगणित तारे असणाऱ्या दीर्घिका कशा तयार झाल्या असतील याविषयी अधिक माहिती आपल्याला मिळवता येईल.

काही रेडिओ तारे चमकण्याच्या खुणा मिळतात, म्हणजे ते



आल्बर्ट आईनस्टाइन

मायक्रोलहरीचे छोटे छोटे जलद गतीने येणारे फवारे दिसतात. ऑटनी हुइश (जन्म १९२४) या ड्रिटिश खुगोलशास्त्रज्ञाने तयार केलेल्या रेडिओ दुर्बिंणीतून असे चमचमणारे मायक्रोलहरीचे फवारे पकडता येत असत. त्याने तयार केलेल्या अशा प्रकारच्या २,०४८ स्वतंत्र यंत्रणा तीन एकरांच्या प्रदेशात पसरलेल्या होत्या.

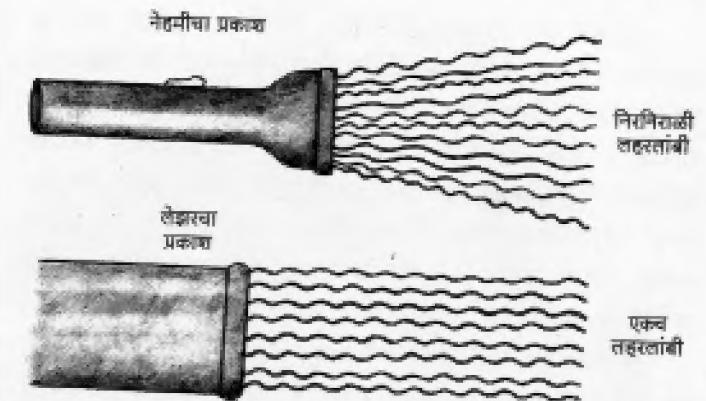
जुलै १९६७ मध्ये अतिशय जलद गतीने येणारे मायक्रोलहरीचे फवारे जोसलिन बेत या हुइशच्या एका विद्यार्थिनीच्या संक्षात आले. त्यांच्या कल्पनेपेक्षा हे फवारे बरेच अधिक जलद व नियमित रूपाने येत होते.

हुइशने या वस्तूला 'पल्सेटिंग स्टार' असे नाव दिले व कालांतराने त्याचे 'पल्सर' हे छोटेखानी नावच वापरले जाऊ लागले. १९६८ साली थॉमस गोल्ड (जन्म १९२०) या ऑस्ट्रियन-अमेरिकन शास्त्रज्ञाने असे निर्दर्शनास आणून दिले, की ही वस्तू म्हणजे अतिशय घन (डेन्स) असणारा, आकाराने लहान असा 'न्यूट्रॉन तारा' असू शकेल. अशा तान्यात सामान्य तान्याइतकेच पदार्थद्वय असेल, पण ते केवळ आठ मैल ल्यासाच्या गोळ्यात ठासून भरलेले असेल. हे मत योग्यच असावे असे आता शास्त्रज्ञाना वाटते.

पल्सर स्वतःभोवतीची एक प्रदक्षिणा पूर्ण करण्यास त्यांना केवळ काही सेकंदच लागतात, काही वेळा तर सेकंदाचे काही दशांश भागही पुरेसे ठरतात. अलीकडे तर सेकंदाच्या एक सहस्रांश भागात प्रदक्षिणा करणारे पल्सरही सापडले आहेत.

पल्सरच्या प्रत्येक प्रदक्षिणेबोरोबर मायक्रोलहरीचा फवारा आपल्यावरून गेला नसता, तर या विचित्र तान्यांचा कधीच शोध लागला नसता.

१९२० सातापासून शास्त्रज्ञांचे असे मत झाले आहे, की विश्वाची निर्मिती सुमारे १५ ते २० अब्ज वर्षपूर्वी झाली असावी.



५० | मायक्रोलहरी

पदार्थाच्या एका लहानशा बिंदूतून याची सुरुवात होऊन ते द्रव्य 'महास्फोटाने' (बिंग बॅग) विखुरले गेले असावे.

विश्व अजूनही प्रसरण पावत आहे व याचा पुरावा म्हणजे, सर्व दीर्घिका एकमेकांपासून अद्यापही दूर जात आहेत.

हे सर्व खरोखरच घडले असेल का? १९४८ साली जॉर्ज गॅर्मॉह (१९०४-१९६८) या रशियन-अमेरिकन शास्त्रज्ञाने महटले, की जर 'महास्फोट' खरोखरच झाला असेल, तर आकाशाच्या सर्वच भागातून मायक्रोलहरीचा एक अस्पष्ट असा आवाज यायला हुवा.

१९६४ साली आनों अंलन पेन्जिया (जन्म १९३६) हा जर्मन-अमेरिकन शास्त्रज्ञ व रॉबर्ट वृङ्गो विल्सन (जन्म १९३६) हा अमेरिकन शास्त्रज्ञ, या दोघांनीही पाश्वर्भूमीवरील मा मायक्रोलहरी प्रत्यक्षीत ओळखल्या. महास्फोट खरोखरच झाला होता याचा हा सर्वोत्तम पुरावा आहे. या मायक्रोलहरी जर सापडल्या नसल्या, तर महास्फोटाचा चांगला पुरावा कधीच मिळाला नसता.

१९१७ साली आल्बर्ट आइनस्टाईन (१८७९-१९५५) या जर्मन-स्विस शास्त्रज्ञाने असे दाखवून दिले, की एखादा रेणू (मॉलिक्यूल) उच्च ऊर्जेच्या स्थितीत असताना त्याच्यावर किरणोत्सर्गाची लहर घडकली, तर अशा रेण्हून त्यातील काही ऊर्जा किरणोत्सर्गाच्या स्वरूपात बाहेर पडेल. त्यातून निघालेला किरणोत्सर्ग, त्याता धडक दिलेल्या लहरीच्याच आकाराचा असेल व त्याची दिशाही तीव्र असेल. यांची आणखी दोन रेणूना धडक बसेल व त्यांचे चार रेणू होतील, त्या चार रेणूंची धडक बसून ते आठ रेणू होतील, मग ते सोळा होतील वगैरे वगैरे.

पहिल्या लाटेमुळे एकाच आकाराच्या व एकाच दिशेने जाणाऱ्या लहरीचा मग पूर्च येईल, याला 'एकवटलेला किरणोत्सर्ग' किंवा

‘कोहिरंट रेडिएशन’ म्हणतात.

१९३३ साली चार्ल्स हार्ड टाउन्स (जन्म १९१५) या अमेरिकन शास्त्रज्ञाने असे एक उपकरण बनवले, की एका लहानशा मायक्रोलहरीमुळे त्याच प्रकारच्या मायक्रोलहरीच्या किरणोत्सर्वाचा पूर्व आला. टाउन्सने त्याला नाव दिले ‘मायक्रोवेव्ह ऑप्प्लिफिकेशन बाय स्टिम्युलेटेड एमिशन ऑफ रेडिएशन’; आद्याकरे घेऊन त्यावेच लघुरूप बनले ‘मेझार’.

मायक्रोलहरीच्या वापराने जे करता येत होते, तेच साध्या प्रकाशासारख्या इतर किरणोत्सर्वाबाबतही करता येते. थिओडोर हॅरल्ड मैमन (जन्म १९२७) या अमेरिकन शास्त्रज्ञाने असे एक उपकरण बनवले, की थोड्याशा प्रकाशाने तशाच प्रकारच्या प्रकाशाचा पूर्व आला. याला म्हणतात ‘लाइट ऑप्प्लिफिकेशन बाय स्टिम्युलेटेड एमिशन ऑफ रेडिएशन’ किंवा ‘लेझर’.

मेझार व लेझर ही दोन्ही तंत्रज्ञाने शास्त्रज्ञांसाठी फारच उपयोगी ठरली. उदाहरणार्थ, रोजव्या जीवनातदेखील लेझरच्या वापराने उच्च दर्जाच्या संगीताच्या रेकॉर्ड आणि घरगुती संगणकांसाठी उच्च दर्जाचे प्रिंटरही बनवता आले.

आणि या सर्वांची सुरुवात, न्यूटनने केवळ एका लोलकातून प्रकाशकिरण पाठवला त्यापासून झाली.